



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101688466 B

(45) 授权公告日 2012.07.25

(21) 申请号 200880022798.2

(22) 申请日 2008.06.11

(30) 优先权数据

60/963,742 2007.08.07 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009.12.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/007332 2008.06.11

(87) PCT申请的公布数据

W02009/020491 EN 2009.02.12

(73) 专利权人 史古德利集团有限责任公司

地址 美国马萨诸塞

(72) 发明人 马克·图斯英 李伟

加雷思·罗伯茨

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王新华

(51) Int. Cl.

F02B 33/22(2006.01)

(56) 对比文件

US 4565167, 1986.01.21,

US 4565167, 1986.01.21,

US 3945363, 1976.03.23,

US 3945363, 1976.03.23,

CN 1826459 A, 2006.08.30,

US 3274981, 1966.09.27,

US 5429086 A, 1995.07.04,

US 6986329 B2, 2006.01.17,

CN 1533471 A, 2004.09.29,

审查员 李春

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 8 页

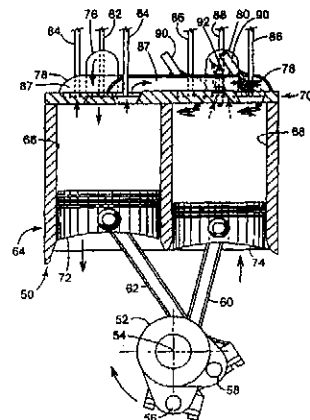
(54) 发明名称

具有螺旋交换通道的分开式循环发动机

(57) 摘要

本发明公开一种发动机,其具有曲轴。在压缩缸内的压缩活塞被连接到曲轴从而压缩活塞往复通过吸入冲程和压缩冲程。在膨胀缸内的膨胀活塞被连接到曲轴从而膨胀活塞往复通过膨胀冲程和排气冲程。交换通道将压缩缸和膨胀缸互连。该交换通道包括交换压缩阀和交换膨胀阀。流道部分在交换通道的下游部分中,螺旋端部分被整体连接到流道部分。螺旋端部分具有围绕交换膨胀阀的阀杆盘旋的通风道。该通风道强迫进入的空气在进入膨胀缸之前围绕阀杆旋转,以提高在缸内的空气/燃料供料中的紊流动能。

CN 101688466 B



1. 一种分开式循环发动机,包括:

能够围绕所述发动机的曲轴轴线旋转的曲轴;

压缩活塞,所述压缩活塞能够滑动地容纳在压缩缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述压缩活塞往复运动通过吸入冲程和压缩冲程;

膨胀活塞,所述膨胀活塞能够滑动地容纳在膨胀缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述膨胀活塞往复运动通过膨胀冲程和排气冲程;及

将所述压缩缸和膨胀缸互连的螺旋交换通道,所述螺旋交换通道包括:

交换压缩阀和交换膨胀阀,在所述交换压缩阀和交换膨胀阀之间限定压力室,

在所述螺旋交换通道的下游部分中的基本直的流道部分,及

螺旋端部分,所述螺旋端部分整体连接到所述流道部分并设置在所述交换膨胀阀上方,所述交换膨胀阀包括阀杆和头部,所述螺旋端部分包括围绕所述阀杆盘旋的通风道,其中所述通风道强迫进入的空气在进入所述膨胀缸之前围绕所述阀杆旋转;

其中,所述螺旋交换通道的所述流道部分是切向流道部分,所述流道部分在相对于延伸通过所述膨胀缸的周边中的最靠近所述阀杆的点的切线在正或负 20 度内的流动通路中将空气流引导进所述螺旋端部分的所述通风道中。

2. 根据权利要求 1 所述的分开式循环发动机,其中,所述螺旋交换通道是一对螺旋交换通道,其中所述一对螺旋交换通道的每个螺旋端部分在相同方向盘旋。

3. 根据权利要求 2 所述的分开式循环发动机,其中,所述一对螺旋交换通道包括一对所述切向流道部分,所述一对切向流道部分在相对于延伸通过所述膨胀缸的周边中的最靠近每个阀杆的每一点处的每个切向线在正或负 20 度内的流动通路中将空气流引导进每个所述螺旋端部分的所述通风道中。

4. 根据权利要求 3 所述的分开式循环发动机,其中,每个螺旋端部分在顺时针方向上盘旋。

5. 根据权利要求 3 所述的分开式循环发动机,其中,每个螺旋端部分在逆时针方向上盘旋。

6. 根据权利要求 1 所述的分开式循环发动机,其中,所述交换膨胀阀是向外打开的提升阀。

7. 根据权利要求 1 所述的分开式循环发动机,还包括设置在所述交换通道中的燃料喷射器。

8. 一种分开式循环发动机,包括:

能够围绕所述发动机的曲轴轴线旋转的曲轴;

压缩活塞,所述压缩活塞能够滑动地容纳在压缩缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述压缩活塞往复运动通过吸入冲程和压缩冲程;

膨胀活塞,所述膨胀活塞能够滑动地容纳在膨胀缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述膨胀活塞往复运动通过膨胀冲程和排气冲程;及

将所述压缩缸和膨胀缸互连的螺旋交换通道,所述螺旋交换通道包括:

交换压缩阀、第一交换膨胀阀和第二交换膨胀阀,在所述交换压缩阀与第一和第二交换膨胀阀之间限定压力室,

在所述螺旋交换通道的下游部分中的基本直的第一流道和第二流道部分,及

第一螺旋端部分,所述第一螺旋端部分整体连接到所述第一流道部分并设置在所述第一交换膨胀阀上方,所述第一交换膨胀阀包括阀杆和头部,所述第一螺旋端部分包括围绕所述第一交换膨胀阀的阀杆盘旋的通风道,其中所述第一螺旋端部分的通风道强迫进入的空气在进入所述膨胀缸之前围绕所述第一交换膨胀阀的阀杆旋转;和

第二螺旋端部分,所述第二螺旋端部分整体连接到所述第二流道部分并设置在所述第二交换膨胀阀上方,所述第二交换膨胀阀包括阀杆和头部,所述第二螺旋端部分包括围绕所述第二交换膨胀阀的阀杆盘旋的通风道,其中所述第二螺旋端部分的通风道强迫进入的空气在进入所述膨胀缸之前围绕所述第二交换膨胀阀的阀杆旋转;

从单个通道部分分出的至少第一分支和第二分支;

其中,所述第一分支包括所述第一流道部分和设置在所述第一交换膨胀阀上方的所述第一螺旋端部分;及

所述第二分支包括整体连接到所述第二螺旋端部分的第二流道部分;

第一螺旋端部分和第二螺旋端部分连接到相同的膨胀气缸。

9. 根据权利要求 8 所述的分开式循环发动机,其中,所述第二分支的所述第二螺旋端部分与所述第一分支的所述第一螺旋端部分在相同方向盘旋。

10. 根据权利要求 9 所述的分开式循环发动机,其中,所述第一分支的所述流道部分和所述第二分支的所述第二流道部分共同地包括一对切向流道部分。

11. 一种分开式循环发动机,包括:

能够围绕所述发动机的曲轴轴线旋转的曲轴;

压缩活塞,所述压缩活塞能够滑动地容纳在压缩缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述压缩活塞往复运动通过吸入冲程和压缩冲程;

膨胀活塞,所述膨胀活塞能够滑动地容纳在膨胀缸内并操作地连接到所述曲轴,从而在所述曲轴旋转一圈的过程中所述膨胀活塞往复运动通过膨胀冲程和排气冲程;及

将所述压缩缸和膨胀缸互连的一对切向螺旋交换通道,每个切向螺旋交换通道包括:

交换压缩阀和交换膨胀阀,在所述交换压缩阀和交换膨胀阀之间限定压力室,

设置在每个交换膨胀阀上方的螺旋端部分,每个交换膨胀阀包括阀杆和头部,每个螺旋端部分包括围绕螺旋端部分的交换膨胀阀的所述阀杆盘旋的通风道,其中所述通风道强迫进入的空气在进入所述膨胀缸之前围绕所述阀杆旋转,并且所述对螺旋交换通道的所述螺旋端部分在相同方向盘旋,及

整体连接到每个螺旋端部分的切线流道部分,所述切线流道部分在相对于延伸通过所述膨胀缸的周边中的最靠近所述阀杆的点的切线在正或负 20 度内的流动通路中将空气流引导进所述螺旋端部分的所述通风道中。

12. 根据权利要求 11 所述的分开式循环发动机,其中,每个螺旋端部分在顺时针方向盘旋。

13. 根据权利要求 11 所述的分开式循环发动机,其中,每个螺旋端部分在逆时针方向盘旋。

14. 根据权利要求 11 所述的分开式循环发动机,其中,每个交换膨胀阀是向外打开的提升阀。

15. 根据权利要求 11 所述的分开式循环发动机,还包括设置在每个交换通道中的燃料

喷射器。

## 具有螺旋交换通道的分开式循环发动机

[0001] 对相关申请的交换引用

[0002] 本申请要求 2007 年 8 月 7 日提交的序号为 60/963,742 的美国临时专利申请的优先权。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及内燃机。更具体地,本发明涉及具有由双切向螺旋交换通道互连的压缩缸和膨胀缸的分开式循环的发动机。

### 背景技术

[0004] 为了简明起见,用在本申请中的术语“常规发动机”指的是其中众所周知的奥托循环的所有四个冲程(即,吸入、压缩、膨胀和排气冲程)都包含在发动机的每个活塞/汽缸组合中的内燃机。还有,为了清楚起见,为可能应用在现有技术所公开的发动机上的以及在本申请中所指的术语“分开式循环发动机”,提供下述定义。

[0005] 此处所说的分开式循环发动机包括:

[0006] 能够围绕曲轴线旋转的曲柄;

[0007] 压缩活塞,其滑动地容纳在压缩缸内并且操作地连接到曲柄上,从而压缩活塞在曲柄的一次转动期间往复通过吸入冲程和压缩冲程;

[0008] 膨胀(动力)活塞,其滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作地连接到曲柄上,从而膨胀活塞在曲柄的一次转动期间往复通过膨胀冲程和排出冲程;及

[0009] 互连压缩缸和膨胀缸的交换通道(端口),该交换通道包括在其间限定压力室的交换压缩(XovrC)阀以及交换膨胀(XovrE)阀。

[0010] 2003 年 4 月 8 日授予 Carmelo J. Scuderi 的美国专利 6,543,225 包含对分开式循环及相似类型的发动机的广泛讨论。另外,该专利公开了发动机的先前形式的细节,本发明包括了对该发动机先前形式的进一步改进。

[0011] 参考图 1,在美国专利 6,543,225 中描述的那种现有技术分开式循环发动机概念的典型实施例一般由附图标记 10 标示。该分开式循环发动机 10 用一个压缩缸 12 和一个膨胀缸 14 的组合来取代常规四冲程发动机的两个相邻的汽缸。在每次曲柄 16 旋转中,这两个汽缸 12、14 完成一次其各自的功能。吸入空气和燃料供料通过典型的提升型吸入阀 18 被拉入到压缩缸 12 中。压缩活塞 20 压缩供料并驱动供料通过交换通道 22,该交换通道作为膨胀缸 14 的吸入通道。

[0012] 在交换通道入口处的止回型交换压缩(XovrC)阀 24 被用于防止从交换通道 22 的倒流。在交换通道 22 的出口处的交换膨胀(XovrE)阀 26 控制被压缩的吸入供料的流动,使得当膨胀活塞 30 到达其上部死点位置之后,供料立刻完全地进入膨胀缸 14。在吸入供料进入膨胀缸 14 之后马上点火火花塞 28,并且产生的燃烧驱动膨胀活塞 30 向下。通过提升排气阀 32 将废气抽出膨胀缸。

[0013] 有了分开式循环发动机概念,压缩缸和膨胀缸的发动机几何形状参数(即,内径、

冲程、连杆长度、压缩比等)一般是彼此独立的。例如,对每个汽缸的曲柄行程 34、36 可以具有不同的半径并且彼此相控地相隔,而膨胀活塞 30 的上部死点 (TDC) 出现在压缩活塞 20 的 TDC 之前。这种独立性使分开式循环发动机比典型的四冲程发动机潜在地有能力达到更高的效率水平以及更大的扭矩。

[0014] 与常规内燃机相比,分开式循环发动机 10 的一个区别是:在膨胀缸 14 中的膨胀冲程期间,分开式循环发动机的供料动作必须在膨胀活塞 30 到达 TDC 之后才能开始,而在常规发动机中的供料动作在膨胀冲程的上部死点 (BTDC) 之前(即,在吸入冲程开始时)大约 360 度曲柄角 (CA) 角度开始。这给常规发动机相对于分开式循环发动机而言的更多的时间,以进行适当的供料动作从而有助于燃料/空气混合和燃烧。

[0015] 供料工作对于令人满意的点火 (SI) 燃烧是必需的。因此,需要在分开式循环发动机中快速地产生供料动作以便在燃烧开始之前快速地混合以及充分分散燃料/空气供料,开始燃烧大约在上部死点 (ATDC) 后 15 到 20°CA 发生。另外,在燃烧的主要阶段(根据运行条件大约是 20 到 40°CAATDC) 过程中必须发生适当的燃料/空气运动。

### 发明内容

[0016] 根据本发明的一种分开式循环发动机,包括:能够绕发动机的曲轴轴线旋转的曲轴;

[0017] 压缩活塞,其滑动地容纳在压缩缸内并操作地连接到曲轴,从而在曲轴的旋转一圈过程中压缩活塞往复通过吸入冲程和压缩冲程;

[0018] 膨胀活塞,其滑动地容纳在膨胀缸内并操作地连接到曲轴,从而在曲轴的旋转一圈过程中膨胀活塞往复通过膨胀冲程和排气冲程;及

[0019] 将压缩缸和膨胀缸互连的螺旋交换通道,该螺旋交换通道包括:

[0020] 交换压缩阀和交换膨胀阀,在它们之间限定压力室,

[0021] 在螺旋交换通道的下游部分中的基本平直的流道部分,及

[0022] 螺旋端部分,其整体连接到流道部分并设置在交换膨胀阀上方,交换膨胀阀具有阀杆和头部,螺旋端部分包围绕阀杆盘旋的通风道,其中该通风道强迫进入的空气在进入膨胀缸之前围绕阀杆旋转,以促进被运送到膨胀缸的空气/燃料供料中的涡旋和紊流动能的发展。

[0023] 另外的特征可包括:

[0024] 确定直流道部分相对于膨胀缸周边在切向或径向位置;

[0025] 确定交换通道端部分在顺时针、逆时针和定向中的位置。

[0026] 参考附图,本发明的这些以及其他特征和优点将从下面对特定示例性实施例的描述中得到更全面的理解。

### 附图说明

[0027] 图 1 示出与本发明发动机有关的现有技术分开式循环发动机的横向截面图;

[0028] 图 2 示出从螺旋端侧观看的,设置在提升阀上方的螺旋通道的下游部分的平直流道和螺旋端部分的图示;

[0029] 图 3 是与图 2 相似的当从平直流道侧观看的图示;

[0030] 图 4 示出从具有根据本发明的交换通道的示例性分开式循环发动机的图 5 中的线 4-4 截取的横向截面图；

[0031] 图 5 示出图 4 的分开式循环发动机的顶视图；

[0032] 图 6 是膨胀缸盖内面的图示，以及示出内部排气端口和交换通道下游部分和阀；

[0033] 图 7-9 是顶视图，示出在膨胀缸处的示例性交换通道下游部分，包括切向和径向的平直流道部分以及顺时针及逆时针的螺旋的和直的端部分；

[0034] 图 10 是示出对 36 种双重交换通道组合的涡旋比和紊流动能预测值的图示和说明性方格；及

[0035] 图 11 是与图 5 相似的顶视图，但是示例出一种替代的不同的交换通道结构。

[0036] 术语表

[0037] 下面提供关于此处所用的首字母缩写的术语表和术语的定义以用于参考：

[0038] **螺旋通道（或螺旋端口）**：参考图 2 和 3，螺旋通道 38 是连接通道（端口），其典型地连接入口歧管到常规发动机的缸盖中的入口阀。螺旋通道 38 的下游部分包括整体地连接到螺旋端部分 40 上的大致平直的流道部分 39，该螺旋端部分设置在具有杆部 42 和开向汽缸（未示出）的头部 43。在螺旋端部分 40 内的流区域设置在围绕保持在端部分 40 的孔 46 中的阀杆 42 的环形下降通风道 44 中。通风道至少在一圈的三分之一（优选在一圈的一半到四分之三之间）上围绕阀杆 42 盘旋，从而进来的空气被强制成在进入汽缸之前围绕阀杆 42 转动。由于通风道 44 围绕阀杆 42 盘旋，通风道 44 的顶 47 在高度上降低。

[0039] **涡旋**：（空气）供料围绕汽缸轴的有条理的旋转。更具体地说，在发动机的汽缸中的空气或燃料 / 空气化合物的“主要部分”涡旋是在导入（吸入）冲程中测得的围绕汽缸中心线转动的空气或燃料 / 空气化合物的主体（即，“主要部分”），。主体涡旋是在导入期间发生在汽缸中的真实的可变空气运动的平均或参数概念。根据主体涡旋概念，涡旋是围绕主汽缸轴线为中心的涡流，最大涡旋速度在汽缸的圆周处。

[0040] **涡旋比 (SR)**：空气或燃料 / 空气混合物的主体（即“主要部分”）围绕汽缸中心线的概念上的旋转频率的度量，在导入（吸入）冲程中测得并与发动机的转速有关，即：

[0041] 涡旋比 = 在汽缸 / 发动机速度中的空气旋转频率

[0042] **紊流和微紊流**：小规模的水流运动，通常与空气的非常小的单独部分有关。紊流和微紊流漩涡的频率范围在 10-10,000Hz 或更高频率，而微紊流的直径与频率相反变化，可以从汽缸的一小部分（几个毫米）到微米。由于粘性耗散，高频紊流通常仅持续非常短的时间，例如 2-5 度曲柄角。

[0043] **紊流动能 (TKE)**：与发动机的紊流空气流中的漩涡有关的每单位空气质量的平均动能。

### 具体实施方式

[0044] 详细地参考附图中的图 4 和图 5，附图标记 50 一般表示依照本发明的具有双重切向螺旋交换通道 78 的分开式循环发动机的典型实施例。如此处将要更详细地讲述的那样，螺旋交换通道 78 的下游部分包括整体地连接到螺旋端部分 102 上的切向流道部分 100，这在分开式循环发动机 50 的膨胀冲程期间有利地促进快速燃料 / 空气的混合。

[0045] 发动机 50 包括可在图中所示的顺时针方向上围绕曲轴轴线 54 旋转的曲轴 52。曲

轴 52 包括分别地连接到连杆 60、62 的相邻的角度上偏移的主导和跟随曲柄行程 56、58。

[0046] 发动机 50 还包括限定一对相邻汽缸的汽缸座 64。具体地说,发动机 50 包括压缩缸 66 和膨胀缸 68,压缩缸 66 和膨胀缸 68 在与曲轴 52 相对的汽缸的上端处被缸盖 70 关闭。

[0047] 压缩活塞 72 容纳在压缩缸 66 中并连接到跟随连杆 62,用于活塞 72 在上部死点 (TDC) 和下部死点 (BDC) 之间的往复运动。膨胀活塞 74 容纳在膨胀缸 68 中并连接到主导连杆 60,用于类似的 TDC/BDC 往复运动。

[0048] 缸盖 70 提供用于气流进入和离开以及在汽缸 66、68 之间的结构。按照气流的顺序,缸盖 70 包括通过其吸入空气被抽入压缩缸 66 中的吸入通道 76、通过其压缩空气被从压缩缸 66 转移到膨胀缸 68 的一对切向螺旋交换 (XovrC) 通道 78,以及通过其废气被从膨胀缸 68 排出的排气通道。

[0049] 进入压缩缸 66 中的气流由向内打开的提升型吸入阀 82 控制。进入和离开每个螺旋交换通道 78 的气流由一对向外打开的提升阀 (即,在螺旋交换通道的入口端的交换压缩 (XovrC) 阀 84 和在螺旋交换通道的出口端的交换膨胀 (XovrE) 阀 86) 控制。每对交换阀 84、86 在它们之间在它们各自的交换通道中限定压力室 87。流出排气通道 80 的排出气流由向内打开的提升型排气阀 88 控制。这些阀 82、84、86 和 88 可以诸如机械驱动的凸轮、可变阀启动技术等等任何适当的方式启动。

[0050] 每个螺旋交换通道 78 具有设置在其中的至少一个高压燃料喷射器 90。燃料喷射器 90 操作为喷射燃料到交换通道 78 的压力室 87 内的压缩空气供料中。

[0051] 发动机 50 还包括一个或更多火花塞 92 或其他点火装置。火花塞 90 位于膨胀缸 68 的端部中适当位置处,在那里在膨胀冲程期间可以点燃和燃烧混合的燃料和空气供料。

[0052] 参考图 6,示出包括排气通道 80 及双重切向螺旋交换通道 78 的下游部分的通道和缸盖 70 的内侧的闭合图。如前面所讲述那样,燃料 / 空气供料必须从交换通道 78 流入膨胀缸 68 中,在那里,供料在膨胀冲程期间燃烧并最终在排出冲程期间通过排出通道 80 排出。在燃烧前,燃料 / 空气供料必须快速混合并彻底地分散在膨胀缸 68 内。

[0053] 两个交换通道 78 都构造成具有整体地连接到逆时针的螺旋端部分 102 的基本平直的切向流道部分 100,该螺旋端设置在向外打开的提升型交换膨胀阀 86 上方。可选择的,每个流道部分 100 可以相对于膨胀缸 68 为切向或径向取向,在燃料 / 空气供料进入汽缸 68 时,这种取向决定空气供料的主要的流动方向。还有,可选择的,每个螺旋端部分 102 可以在顺时针或逆时针方向上盘旋,在燃料 / 空气供料进入汽缸 68 时,这种旋转决定供料的旋转或自转 (如果有的话) 的方向。

[0054] 可替代地,如果交换通道 78 的端部分不包括螺旋螺线,交换通道被称作定向交换通道 (或定向交换端口),其能决定主体流或漩涡,但是当燃料 / 空气供料进入膨胀缸 68 时,供料没有特定的旋转自转。

[0055] 在图 6 的实施例种,每个逆时针螺旋端部分 102 包括在逆时针方向上围绕保持在孔 108 中的阀杆 106 盘旋的通风道 104,每个向外打开的交换膨胀阀 86 的阀杆延伸通过该孔 108。螺旋通风道 104 强迫进入的空气在进入膨胀缸 68 之前围绕阀杆 106 旋转。阀杆带有向外打开的阀头 109,当阀被安装时,该阀头部分地由于在压力室 87 中的压力而保持关闭。



[0056] 每个流道部分 100 与膨胀缸 68 的周边成切向。就是说,每个流道部分 100 在大致与延伸通过膨胀缸 68 周边中最靠近阀杆的点的切线平行(即,优选为正或负 20 度,更优选为正或负 10 度,最好是正或负 5 度)的流动通路中引导气流进入通风道 104 中。阀杆 106 带有向外打开的阀头 109,当阀安装后,该阀头部分地由于压力室 87 中的压力而保持关闭。已经发现,这种其中两个螺旋端部分 102 在相同方向上盘旋的双重切向螺旋交换通道 78 组合能明显的促进在分开式循环发动机 50 中快速的空气/燃料混合。

[0057] 参考图 7-9,示出切向或径向流道部分、加上逆时针螺旋、顺时针螺旋或定向端部分的六个可能的组合。在图 7 中,交换通道 110 包括具有如前面图 6 中示出的逆时针 (CCW) 螺旋部分 114 的切向 (tan) 流道部分 112,以及包括具有顺时针 (CW) 螺旋部分 120 的切向流道部分 118 的交换通道 116。

[0058] 在图 8 中,交换通道 122 包括具有逆时针螺旋部分 126 的径向 (rad) 流道部分 124,并且交换通道 128 包括具有顺时针螺旋部分 132 的径向流道部分 130。径向流道部分 124 和 130 分别地在大致与膨胀缸 68 的中心成径向(即,优选为正或负 20 度,更优选为正或负 10 度,最好是正或负 5 度)的流动通路内将气流引导到螺旋部分 126 和 132 的通风道中。

[0059] 在图 9 中,交换通道 134 包括具有定向 (dir) 端部分 138 的径向流道部分 136,和交换通道 140 包括具有定向端部分 144 的切向流道部分 142。当燃料/空气供料进入膨胀缸 68 时,定向的端部分 138 和 144 不会赋予该供料任何特定的旋转自转。然而,供料的主体流动通路仍由流道 136 和 142 的取向决定,即,对于径向流道 136 是朝向膨胀缸 68 的中心,对于切向流道 142 是切向地沿汽缸 68 的周边。

[0060] 在常规发动机中,被认可的用于实现用于燃烧的适当的空气运动的方法很大程度上依赖于两个独立的现象,称做涡旋和紊流。涡旋是汽缸中主体空气旋转运动的生成,例如大的旋转涡流,其外径被汽缸孔直径限制,从而在空气中有相当多的动能。在压缩的后面的阶段中,这一主体涡旋运动被转化成紊流。更具体地说,涡旋运动被转化成非常小规模“微紊流”,即,量级在汽缸直径的 1/100,000 到 1/100 的大量小规模漩涡。这些微紊流漩涡理想地在适当时刻是在燃烧区域中,从而它们使火焰前部起皱以产生更大的区域让火焰扩展,即,接近未被燃烧的燃料和空气。

[0061] 在常规发动机中,入口端口(或通道)为在吸入冲程期间主体漩涡的产生负责,而活塞顶在大约 TDC 周围接近缸盖对将涡旋变成紊流负责。因此,发展入口通道以便发展它们的产生漩涡的能力,以术语“涡旋比”(SR)来评估,涡旋比涉及涡流速度对发动机速度。可以使用专门的流器械测量涡旋比,或者近来,可以使用计算机流体动力 (CFD) 技术计算涡旋比。使用 CFD,也可以对后面的漩涡到紊流的转变建模,该转变极大地受到在盖及/或活塞中的燃烧室特征的形状的影响。用于估计紊流水平的一个参数是紊流动能 (TKE),是所有涡流(无论大小)的总动量的量度。

[0062] 对于常规发动机,很大程度上是单独对待这两个过程的进展的,因为它们发生在发动机运行周期中的不同时间,即,涡旋是在吸入冲程期间而紊流是在压缩冲程期间。然而,在分开式循环发动机 50 中,因为空气从交换通道 78 到膨胀缸 68 的流入的发生与 TDC 如此之近,交换通道自身必须为涡旋和紊流这两者的产生负责。

[0063] 对于常规发动机,合理且很好地构造了适于产生漩涡的通道布置;然而,之前并不知道是否这些相同地布置在分开式循环发动机 50 中也有效。另外,发动机因为发动机 50

包括从膨胀缸 68 打开出的向外打开的提升 XovrE 阀 86, 而常规发动机几乎普遍地使用开向常规膨胀缸中的向内打开的提升阀, 所以通道布置在分开式循环发动机 50 中漩涡上的效果的不确定性程度十分复杂。此外, 之前并不知道漩涡产生如何与 TKE 相关。

[0064] 并且, 发动机先前不知道图 7-9 中示出的交换通道 78 的六种结构的每一个对在分开式循环发动机 50 中的漩涡和紊流的效果。另外, 由于有两个单独的交换通道 78, 对每个膨胀缸 68 总计有至少 36 种可能的交换通道结构组合, 同样也不知道每个双重交换通道结构会如何影响涡旋和紊流。

[0065] 参考图 10, 因此进行了对排气的预测性 CFD 研究, 其中对于分开式循环发动机 50 为了最佳供料运动比较了 36 种交换通道结构。图表 150 示出该研究的结果。数据方格 166 在图表 150 的底部水平延伸并安排为 36 列和 5 行, 代表对双重交换通道 78 的 36 个可能的参数组合。相对紊流动能值沿图表 150 的左手侧垂直走行, 而相对涡旋比数值沿图表 150 的右手侧垂直走行。

[0066] 在方格 166 内, 行 156 表示两个交换通道 78 中的第一个的流道部分 100 的切向 (tan) 或径向 (rad) 取向, 而行 158 表示两个交换通道 78 中的第一个的端部分 102 的顺时针 (cw) 螺旋、逆时针 (ccw) 螺旋或定向 (dir) 结构。同样在方格 166 内, 行 160 表示两个交换通道 78 中的第二个的流道部分 100 的切向 (tan) 或径向 (rad) 取向, 而行 162 表示所述两个交换通道 78 中的第二个的端部分 102 的顺时针 (cw) 螺旋、逆时针 (ccw) 螺旋或定向 (dir) 结构。行 162 把各种参数组合编号从 1 到 36, 以便于参考。这 36 种组合的每一个在涡旋比和紊流动能上的效果分别地在线 152 和 154 中绘出。

[0067] 观察到一种普遍的趋势, 即, 较高的涡流产生通道也产生较高水平的 TKE。在相同方向具有端部分旋转的双重切向螺旋通道, 即, 行 164 中的参数组合 1 和 2, 既产生最高水平的主体涡旋也产生最高水平的紊流动能。

[0068] 该预测性工作显示出: 对于分开式循环发动机 50 的膨胀缸 68, 一种有效的产生缸内供料运动的手段是使用两个切线螺旋交换通道 78 (图 6 中看地最清楚), 并安排流道部分 100 相对于膨胀缸 68 的周边切向地放出, 并且两个螺旋端部分 102 在相同方向上旋转 (或顺时针或逆时针)。从而, 离开每个通道的空气的旋转方向在相同方向。这样, 从每个通道出现的空气的动能是相加的, 因而在汽缸内提供最高的主体运动同时产生最高水平的 TKE。

[0069] 尽管图 4-6 表述为示出本发明的示例性实施例, 而加入图 7-10 以示出所进行的扩展研究以确定所考虑的各种端口布置中的哪一个被预测能提供最高涡旋比和最高紊流动能值, 应该承认可以使用其他替代的具有包括本发明的预期范围中的特征的交换通道布置。

[0070] 图 11 示出一个这种替代布置的例子, 其中相同的附图标记用于表示与图 4-6 中所示的那些部件相同或相似的部件或特征。图 11 示出发动机 170, 其基本与图 4 (特别是图 5) 中示出的发动机 50 相似。汽缸座、活塞和曲柄机构未示出但是可以与发动机 50 的那些部件相同。在图 11 中用点划线 66、68 示出压缩缸和膨胀缸。

[0071] 图 11 的发动机 170 还包括缸盖 70, 其包括与发动机 50 中的部件相似的吸入通道 76 和吸入阀 82、排气通道 80 和排气阀 88 以及火花塞 92。还包括与发动机 50 的部件位置相似的双重交换压缩阀 84 和交换膨胀阀 86。

[0072] 发动机 170 的不同之处在于: 双重交换阀由变型的交换通道 172 连接, 该交换通道

在交换阀 84、86 之间限定公共的压力室 174。交换通道 172 形成有单个通道部分 176，该通道部分与两个交换压缩阀 84 串行连通。通道部分 176 然后分成至少第一分支 178 和第二分支 180，每个通过切向的流道部分 182 分别与交换膨胀阀 86 的一个连接。每个流道部分 182 与螺旋端部分 184 连接，它们可以和发动机 50 的流道部分 100 及端部分 102 相同。如在发动机 50 中一样，燃料喷射器 90 被设置以将燃料喷射到螺旋端部分 184 附近的交换通道 172 的各自分支中。

[0073] 也可以有多种其他替代实施例。作为非限制性的例子，交换压缩阀可以连接到 Y 或 X 形交换通道，而这些分支被中心或端通道部分连接。交换歧管将压缩和膨胀汽缸对的不同数量的交换阀连接在一起，这也是可以的，例如一个或多个交换压缩阀到一个或更多交换膨胀阀。也可以考虑用歧管连接多于一个汽缸对。同样，如果希望，可以安装燃料喷射器用于将燃料直接地喷入膨胀缸而非喷入分开式循环发动机的交换通道。此外，将燃料直接喷入分开式循环压缩点火发动机在本发明的范围内。

[0074] 虽然已经参照特定实施例描述了本发明，应该理解，可以在所描述的该创造性概念的精神和范围内进行许多改变。因此，本发明并不是要限于所述实施例，而是具有由所附权利要求中的语言限定的全部范围。

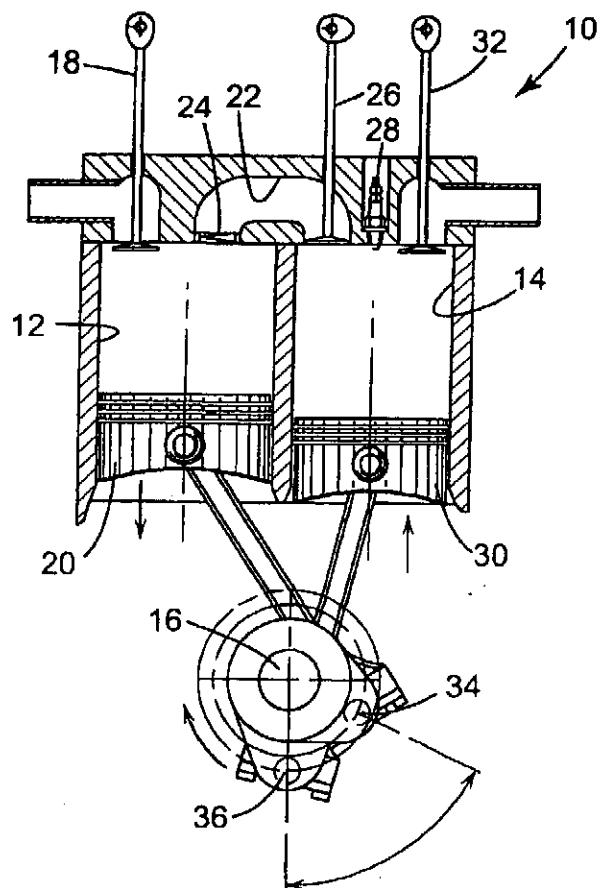


图1 (现有技术)

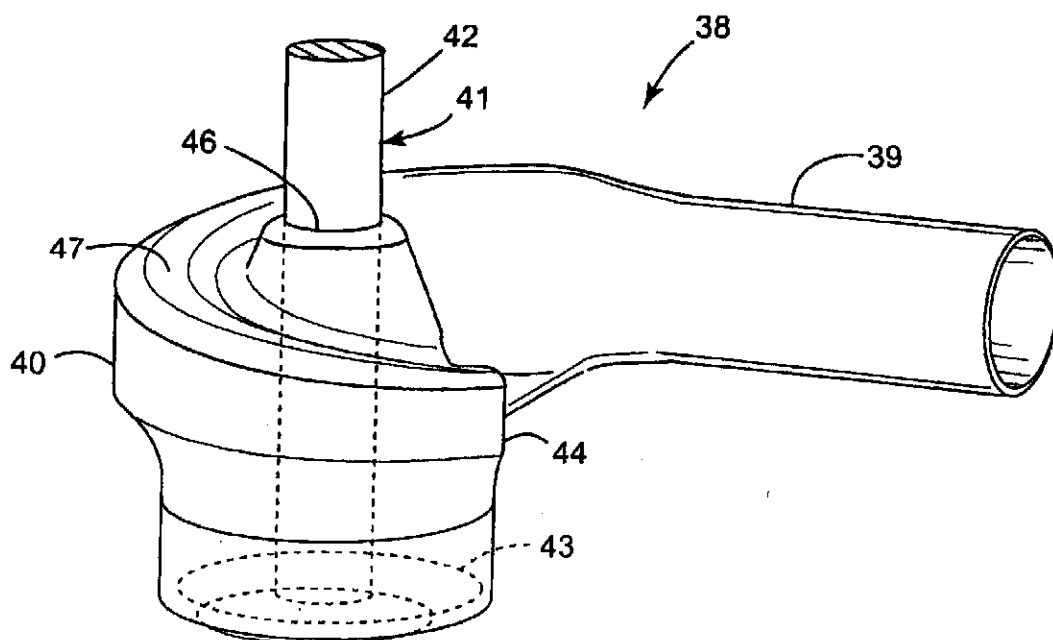


图2

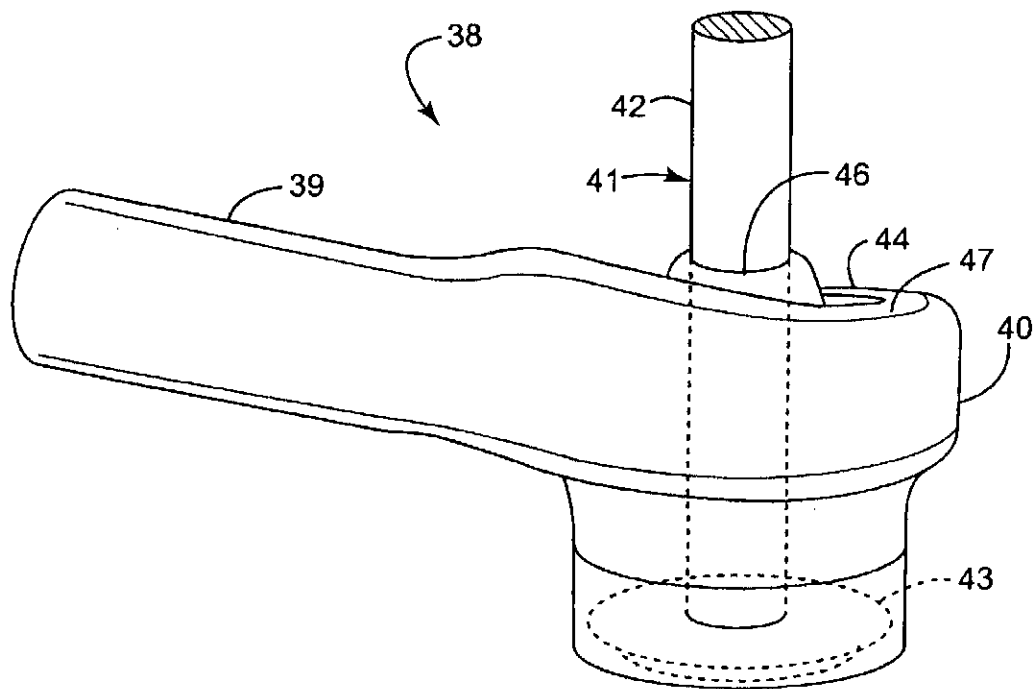


图 3

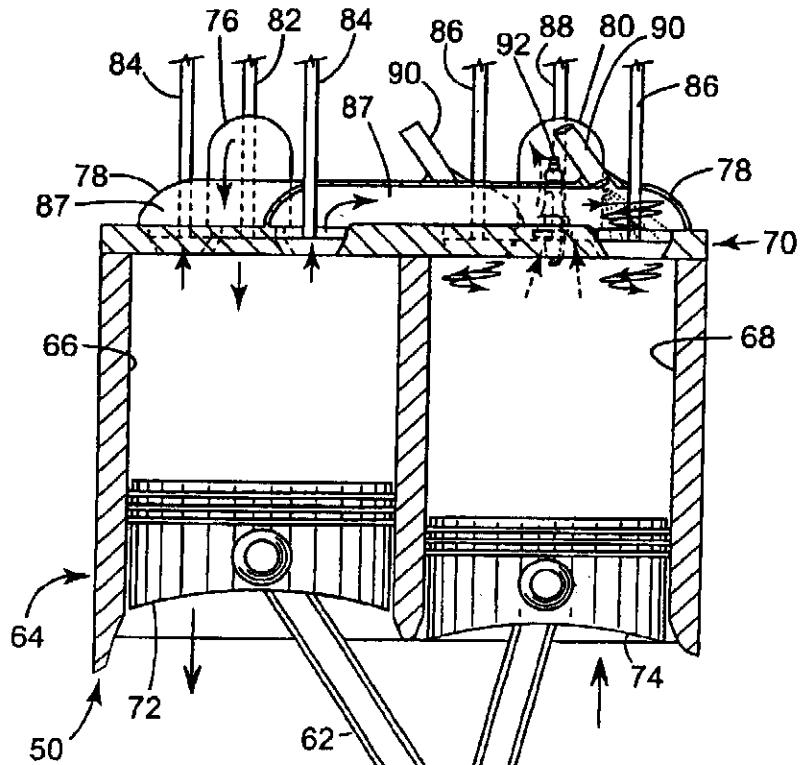


图 4

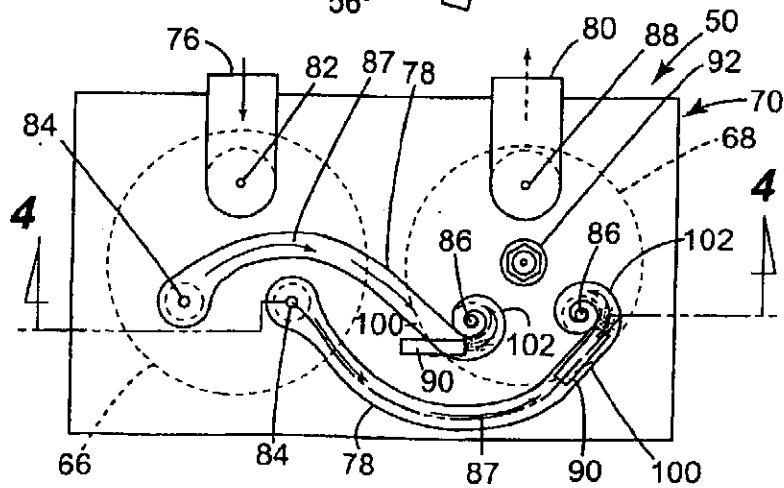


图 5

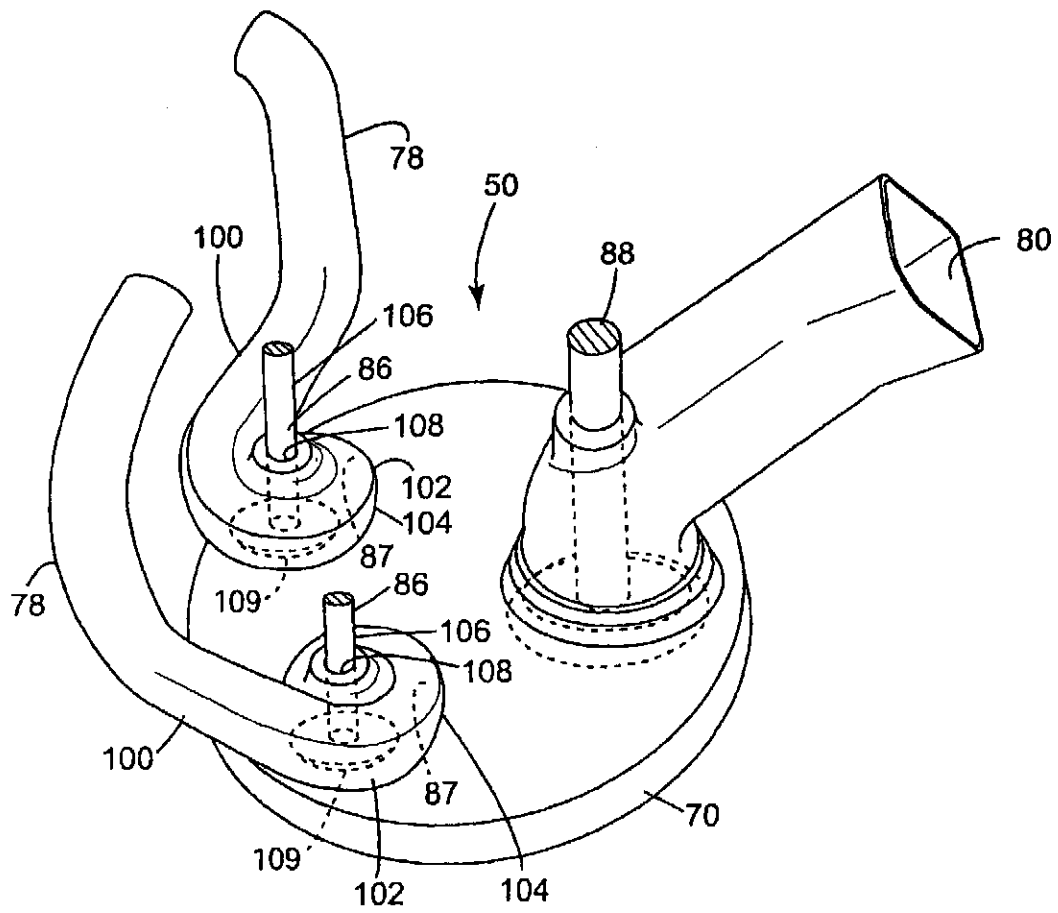


图 6

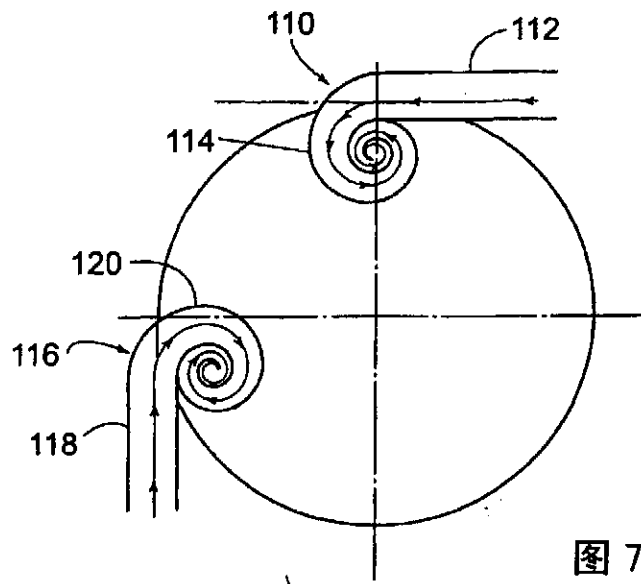


图 7

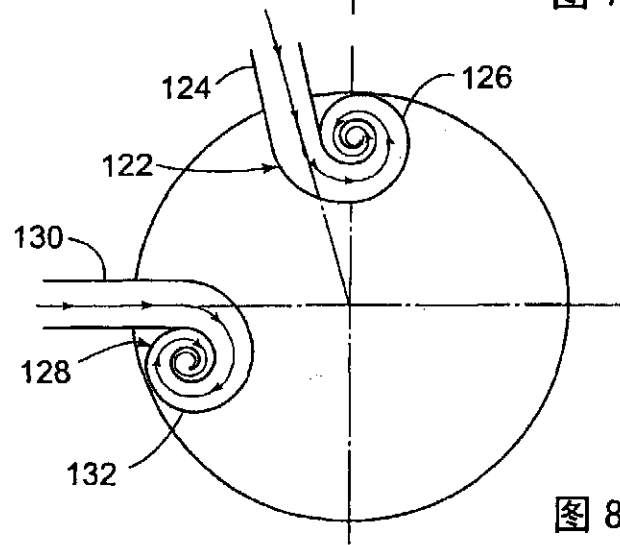


图 8



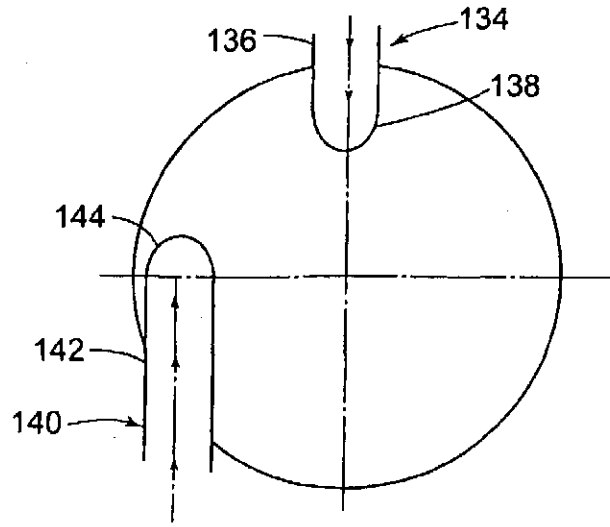


图 9



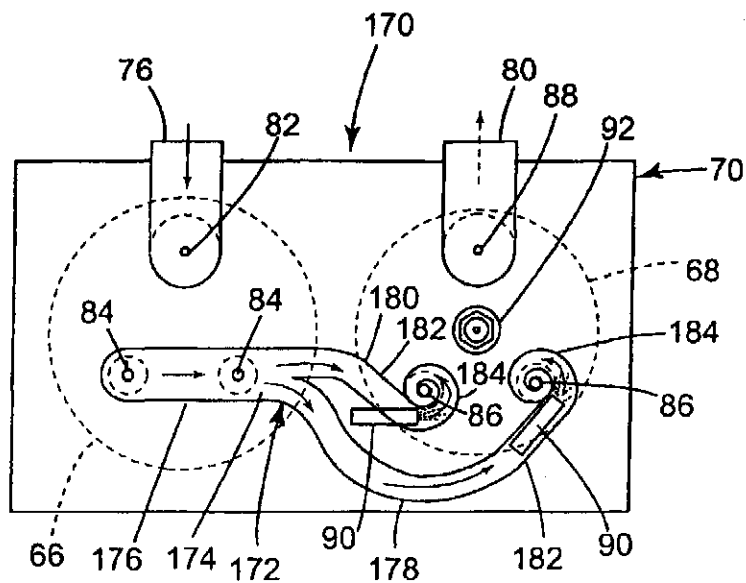


图 11